RENDICONTI DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI
Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali
Estratto dal vol. XIII, 1° sem., serie 5ª, fasc. 5°. — Seduta del 6 m

2328

ESPERIENZE FATTE SULLE SCIMMIE

COLLA DEPRESSIONE BAROMETRICA

Op 55/19

ESPERIENZE FATTE SULLE SCIMMIE

A TORINO E SULLA VETTA DEL MONTE ROSA

NOTE

DEL SOCIO

ANGELO MOSSO

R. ISTITUTO
DI
PSICOLOGIA SPERIMENTALE
Fondazione E. E. FIL. LEURINI
1935 - n. 1472

ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1904

BIBLIOTECA
PSICOLOGIA
UNIVERSITÀ DI TORINO
R
op. 2/45

R. ISTITUTO
DI
PSICOLOGIA SPERIMENTALE
Fondazione E. E. PELLEGRINI
1935 - n. 1472

2328

Fisiologia. — *Esperienze fatte sulle scimmie colla depressione barometrica.* Nota del Socio A. Mosso [1].

Avrei desiderato sperimentare sulle scimmie più vicine all'uomo per studiare gli effetti della depressione barometrica; ma per mancanza di mezzi, dovetti contentarmi di un *Papio anubis* venuto dall'Eritrea e continuai le esperienze già iniziate sul *Macacus sinicus* [2] portandone una coppia, maschio e femmina, sul Monte Rosa.

In una prima serie di esperienze produssi rapidamente forti depressioni per vedere quali fenomeni presentavano le scimmie in condizioni simili a quelle degli aereonauti, quando con una rapida ascensione arrivano nelle regioni più elevate dell'atmosfera; e nell'altra serie studiai sulle scimmie l'azione di un soggiorno prolungato sul Monte Rosa a 4560 m. e feci le analisi del sangue.

Il *Papio anubis* che mi servì per questi studî è un animale giovane, di sesso maschio che vive da circa sei mesi nel laboratorio: pesa cinque chilogrammi ed è alto $0^m,65$. Questa scimmia è molto intelligente e tanto domestica che vuole sempre avere vicino qualcuno. Cominciai le esperienze dopo che stava da tre mesi nel Laboratorio, dove la tenevamo sempre in una stanza riscaldata oltre i 20°.

(1) Presentata nella seduta del 21 febbraio 1904.
(2) A. Mosso, *Fisiologia dell'uomo sulle Alpi.* 2ª ed., pag. 338.

Per mostrare il metodo che seguii in queste esperienze colle rapide e forti depressioni ne riferisco una come esempio. L'animale veniva messo sotto una grande campana di vetro della capacità di cinquanta litri che ha il bordo inferiore bene smerigliato. Con un poco di grasso, questa campana poggiando sopra una tavola di marmo, chiude ermeticamente. Nel collo tre grossi tubi sono chiusi ciascuno con un tubo di gomma, le pareti del quale avevano lo spessore di 2,5 mm. e il diametro interno di 6 mm. Un tubo corto era chiuso da una pinzetta a vite per regolare l'entrata dell'aria; un altro tubo faceva comunicare la cavità della campana con un manometro ad U pieno di mercurio; il terzo tubo andava alle pompe. Queste erano due: ad ogni colpo di stantuffo ciascuna estraeva circa due litri di aria, e tutte due insieme messe in movimento dal motore elettrico facevano 120 colpi al minuto; cosicchè lasciando il tubo di accesso dell'aria aperto si otteneva una ventilazione di circa 240 litri di aria al minuto; e chiudendolo leggermente, subito cominciava la depressione nell'interno della campana rimanendo la ventilazione abbondante. Chiudendo l'accesso dell'aria in 50 secondi, la pressione barometrica scendeva a 220 mm.

Le scimmie, come i cani e l'uomo, giungono rapidamente a grandi altezze in condizioni discrete, ma peggiorano nel primo momento che sono sottoposte alle forti depressioni e dopo breve tempo tornano a migliorare.

Questi mutamenti nelle funzioni del cervello e del sistema nervoso sono importanti, non solo perchè servono a spiegarci dei fenomeni che si erano osservati confusamente negli aereonauti, ma perchè ci fanno meglio comprendere la differenza che vi è fra l'anossiemia e l'acapnia.

ESPERIENZA 1ª.

Papio anubis pressione barometrica 730 mm. Temp. della stanza 20°.

Esaminiamo attentamente i polmoni col dott. Herlitzka: io tengo in braccio l'animale che si diverte a cercare fra i peli della mia barba come fanno le scimmie fra loro. Risulta che a sinistra il polmone è normale, mentre che a destra in seguito alle esperienze precedenti fatte 2 giorni prima colle forti depressioni, vi è un leggiero soffio bronchiale in alto; il murmure vescicolare è bene distinto e normale in basso. Frequenza del respiro 54 in 1 minuto. La scimmia è ancora digiuna. Messa sotto la campana da circa un minuto incomincia la depressione.

Ore 2,20′, in 55 secondi arriva a 220 mm.

Ho scelto questa depressione perchè è quella alla quale giunsero Berson e Süring nella loro recente ascensione fatta coll'aereostato Preussen a Berlino il 31 luglio 1901 (1).

La scimmia sta seduta e non si muove.

In meno di un minuto è portata ad una depressione che corrisponde a 10000 metri.

La scimmia durante questa rapida depressione non si mosse; solo guardò intorno attenta come se succedesse qualche cosa; poi inchinò leggermente la testa. Aveva il pene

(1) R. Assmann und A. Berson, *Ergebnisse der Arbeiten am Aëronautischen Observatorium in den Jahren 1900, 1901.* Berlin 1902, pag. 229.

in erezione quando cominciò la rarefazione dell'aria e questa scomparve quando la scimmia raggiunse i 10000 metri.

Per un minuto stette discretamente bene in questa forte rarefazione: ma già aveva la faccia meno espressiva quando giunse ad 8000 metri.

Dopo un minuto alle ore 2,22′ cominciò ad oscillare sul tronco, e si appoggiò colle spalle alla campana come se fosse stanca. Era divenuta come stupida e indifferente, quando comparvero i primi sforzi di vomito. Passato un minuto e mezzo alle 2,22′30″ cade: si rialza e si sorregge colle mani, rimanendo accasciata sul fondo della campana.

Ore 2,24′. Respiro 72 in 1′, sta sempre male, ha gli occhi socchiusi; e spesso li chiude come se dormisse. La lingua non è azzurra, ma il pene è cianotico. Le orecchie sono un poco più pallide del normale. Vomita.

Ore 2,26′. Comincia a migliorare. Siede diritta e non tiene più la testa inclinata sul petto. Respiro 78 in 1′. Sonnecchia; ma il sonno è meno profondo.

Ore 2,27′. Sostiene la testa colle mani: di quando in quando alza la testa ed ha lo sguardo più intelligente. Respiro 84 in 1′: sempre superficiale. La pelle della faccia e delle orecchie non è cianotica, solo il glande del pene ha un colore azurrognolo, livido.

Ore 2,28′. La faccia è divenuta più espressiva; la scimmia cambia di posizione; i suoi movimenti sono più sicuri. La pressione si mantiene costante a 220 mm.

Ore 2,29′. Tiene bene gli occhi aperti, la sonnolenza è scomparsa: la scimmia si interessa a guardare e fissa l'orologio sul quale contiamo il respiro e stende la mano per toccarlo.

Ore 2,30′. Il miglioramento è evidente; è scomparsa la sonnolenza; ma la scimmia è sempre meno agile nei suoi movimenti.

Ora 2,31′. Incomincia la discesa e scendiamo lentamente allo zero del manometro. Sollevata la capanna la scimmia riprende subito il suo aspetto normale. Fatta l'ascoltazione troviamo che a destra il soffio bronchiale è più intenso e più esteso; che esso comparve pure in basso dove prima non esisteva. In tutto l'ambito dei polmoni anche a sinistra il murmure vescicolare è meno intenso.

In questa scimmia abbiamo veduto che la depressione barometrica agisce prima sul cervello che sul midollo allungato, perchè scemò l'intelligenza, e comparve il sonno senza che siasi modificata notevolmente la funzione del respiro in modo da far comparire la dispnea.

In una prossima Nota pubblicherò delle esperienze analoghe fatte sopra me stesso, che diedero i medesimi risultati. L'azione sul cervello in questa scimmia è evidentissima, perchè essa rimane immobile, mentre la pressione barometrica scende rapidamente a 220 mm.

La sua faccia perde a poco per volta la vivacità dell'espressione: per mezzo minuto rimane attenta, giunta ad 8000 metri diviene come istupidita ed impassibile; le palpebre si socchiudono, il tronco oscilla, la scimmia si appoggia come se fosse stanca, la testa cade sul petto ed incomincia il sonno. Qualche volta la scimmia si destava per vomitare e nessun altro sintomo, tranne la debolezza dei moti muscolari, comparve in questo primo periodo, che talora abbiamo prolungato per più di mezz'ora, vedendo cessare il vomito e la sonnolenza.

I fenomeni osservati nell'uomo durante le ascensioni aereostatiche a grandi altezze, possono dunque riprodursi ed analizzarsi meglio nelle espe-

rienze fatte sulle scimmie. Le descrizioni che leggiamo negli scritti di Tissandier, di Berson e Süring ed altri, corrispondono esattamente a quanto si osserva nelle scimmie. È una lenta paralisi che sopraggiunge; la coscienza e la volontà si offuscano, come se la depressione barometrica agisse unicamente col deprimere le funzioni della corteccia cerebrale, e prima, o dopo, si osserva un'alterazione che si estrinseca per mezzo del vomito. Il sonno e l'abbattimento insieme alla cessazione dei fenomeni psichici, sono i fatti che più si impongono.

Un fatto importante risulta da questa ed altre esperienze simili, ed è, che le rapide depressioni fino a 10,000 metri compiute in meno di un minuto, non recano alcun disturbo notevole alla respirazione. Come in altre esperienze fatte prima, lo stato dell'animale peggiora rapidamente nei due o tre minuti dopo aver raggiunto il massimo della depressione. Passati cinque o sei minuti, succede un miglioramento notevole sebbene la pressione barometrica non cambi. Abbiamo osservato il medesimo fatto nei cani ed abbiano supposto, secondo le ultime ricerche di Rosenthal, che gli animali abbiamo delle provviste di ossigeno nel sangue e nelle cellule dei tessuti, che consumano quando diminuisce la pressione barometrica.

È probabile che la circolazione sia meno attiva, perchè vedemmo comparire la cianosi nel ghiande. Certo nei polmoni vi fu un disturbo della circolazione: e dall'esame fatto si deve supporre che siano diventati iperemici.

Queste esperienze per essere complete dovrebbero farsi coll'analisi dell'aria espirata, per decidere, se vennero consumate le provviste dell'ossigeno contenute nel sangue, o se pure anche i tessuti vi contribuiscono coll'ossigeno intracellulare. Si dovrà per tale intento fare anche l'analisi del sangue, ma io non ebbi ancora il tempo per accingermi a questo studio.

Dirò fra poco come possa spiegarsi il miglioramento che osservammo dopo cinque o sei minuti che la scimmia trovavasi nell'aria fortemente rarefatta. Ora vorrei fissare l'attenzione del lettore sulle differenze che presentano i fenomeni qui osservati coi fenomeni caratteristici dell'anossiemia, e dell'avvelenamento per ossido di carbonio; il quale argomento ho già trattato in uno scritto speciale (1).

La perdita della coscienza ed il vomito sono due fatti che vediamo prodursi egualmente nell'anossiemia provocata tanto colla depressione barometrica quanto coll'ossido di carbonio. Vi è però una differenza fra queste due forme di asfissia ed è che nella depressione barometrica manca l'azione eccitante che per l'ossido di carbonio fu studiata da mio fratello sull'uomo (2).

(1) A. Mosso, *La rassemblance du mal de montagne avec l'empoissonement par l'oxyde de carbone.* Archiv. ital. de Biologie, Tome XXXV, pag. 51.

(2) U. Mosso, *Expériences avec l'oxyde de carbone faites sur l'homme.* Archives ital. Biol., Tome XXXV, pag. 1.

Le esperienze fatte dal dott. A. Herlitzka [1] nel mio laboratorio, mostrarono che nell'amministrazione rapida dell'ossido di carbonio il sistema nervoso presenta fenomeni diversi da questi che vedemmo prodursi nella rapida depressione barometrica. Irritando la corteccia cerebrale con una corrente elettrica mentre si amministrava l'ossido di carbonio, Herlitzka vide comparire un aumento dell'eccitabilità nella fase che corrisponde alla respirazione dispnoica.

Siccome alcuni ammettono che l'ossido di carbonio non agisca colla semplice produzione dell'anossiemia, ricorderò le esperienze fatte recentemente da Max Verworn [2], il quale studiando l'eccitazione dispnoica del vago, vide che la mancanza dell'ossigeno produceva una eccitazione. Non volendo ammettere che la sottrazione dell'ossigeno possa agire come un eccitamento sui centri del midollo allungato, Verworn ammise che l'azione di questo stimolo si faccia per via indiretta e sia un'azione secondaria.

Le esperienze sul *Papio anubis* ora riferite avendo confermato i risultati delle altre esperienze che pubblicai nel libro *Fisiologia dell'uomo sulle Alpi*, dove si vide in tre scimmie diverse comparire il sonno e la perdita della coscienza senza che precedesse un'azione eccitante, dobbiamo conchiudere che la depressione barometrica non agisce come l'anossiemia, e che l'azione sua è diversa da quella dei narcotici, che sempre eccitano il sistema nervoso prima che succeda la depressione, il sopore e l'insensibilità.

Questa mancanza proviene forse dal fatto, che nella rapida depressione barometrica agisce non solo l'anossiemia prodotta dalla deficienza dell'ossigeno, ma anche l'acapnia che per mezzo della mancanza dell' anidride carbonica produce una depressione più intensa del sistema nervoso.

Questo *Papio anubis* sottoposto in giorni differenti alle stesse rapide e fortissime depressioni non presentava sempre la medesima resistenza, ma alcune volte giungeva alle stesse altitudini in condizioni migliori, ed altre volte mostravasi più sofferente: così che capitò qualche volta, senza che ne conoscessimo la causa, di vederlo cadere in uno stato inquietante ad un'altitudine di solo 8000 metri. La stessa cosa succede nell'uomo, e lo dimostrerò con delle esperienze fatte sopra me stesso, nelle quali una volta ebbi uno svenimento a solo 6000 metri, mentre come ho già pubblicato nel mio libro, *Fisiologia dell'uomo sulle Alpi*, potei un'altra volta giungere senza alcun inconveniente fino all'altezza di 11,650 metri, che è la maggiore depressione barometrica toccata fino ad ora dall'uomo [3].

(1) A. Herlitzka, *Action de l'oxide de carbone sur le système nerveux*. Archives ital. de Biologie, Tome XXXIV, pag. 416.

(2) Max Verworn, *Zur Analyse der dispnoischen Vagusreizung*. Archiv. f. Anat. und. Physiologie, 1903, pag. 66.

(3) A. Mosso, *Fisiologia dell'uomo sulle Alpi*, pag. 395.

In una prossima Nota raccoglierò tutti gli accidenti che osservai sopra sopra di me, dei miei amici e conoscenti nella lunga serie di esperienze fatte nella camera pneumatica.

Le alterazioni polmonari
in seguito alle forti depressioni barometriche.

Il prof. Kronecker ha riassunto le molteplici ed interessanti osservazioni da lui fatte sul male di montagna in una preziosa monografia, nella quale sostenne che il male di montagna dipende da un disturbo della circolazione polmonare prodotto dalla diminuita pressione barometrica (1).

L'esame dei polmoni fatto coll'ascoltazione e la percussione in questa scimmia (e lo si vedrà meglio nelle scimmie della Nota seguente), dimostra che colla rarefazione dell'aria si produce sempre un'alterazione dei polmoni; specialmente quando la depressione è abbastanza intensa da turbare le funzioni del sistema nervoso: e questa alterazione dei polmoni può da sola diventare causa di altri gravi disturbi. Le alterazioni polmonari che si osservano nel male di montagna, sono per la natura loro simili a quelle che osservai nell'avvelenamento per ossido di carbonio (2); ed esse possono prodursi anche senza la depressione barometrica, rarefacendo l'aria per mezzo dell'idrogeno. I disturbi della circolazione polmonare. se sono un fattore del male di montagna, non sono certo la causa dei fenomeni che abbiamo descritto nelle pagine precedenti che riguardano essenzialmente il sistema nervoso. Infatti sappiamo dalle esperienze di Lichtheim (3), che chiudendo una parte considerevole dei lobi polmonari alla penetrazione della corrente sanguigna dell'arteria polmonare, basta la rimanente parte anche molto piccola perchè passi la stessa quantità di sangue. Questa facilità grande della circolazione a traverso i polmoni, arriva al punto che secondo Lichtheim si possono chiudere tre quarti delle vie che percorre il sangue delle arterie polmonari, senza che diminuisca la pressione sanguigna nel sistema dell'aorta.

Vedremo nella seguente esperienza che in ripetute depressioni barometriche i fenomeni diventarono sempre meno gravi, così che si dovette portare successivamente la scimmia ad una rarefazione dell'aria maggiore per ottenere i medesimi effetti.

Ora in questa esperienza si può ritenere che le condizioni polmonari diventassero nelle tre esperienze successivamente meno buone, mentre invece la scimmia mostravasi più resistente alle depressioni che facemmo sempre più forti per tre volte l'una dopo l'altra.

(1) H. Kronecker, *Die Bergkrankheit.* Urban et Schwarzenberg, 1902, pag. 122.

(2) A. Mosso, *Comment agissent sur les poumons l'oxyde de carbone et l'air raréfié.* Archives ital. de Biologie, Tome XXXIV, 1901, pag. 99.

(3) Lichtheim, *Die Störungen des Lungenkreislaufs und ihr Einfluss auf den Blutdruck.* Berlin, 1876, pag. 65.

ESPERIENZA 2ª.

Papio anubis. Pressione barometrica 738 mm. Temperatura della stanza 16°,5.

Prima decompressione.

La scimmia fuori della campana fa 54 a 60 respirazioni al minuto. Esaminammo prima coll'ascoltazione diligente i polmoni per assicurarci che sono normali.

Ore 2,10′. Si mette la scimmia sotto la grande campana. Quando comincia la depressione alza le mani verso il tubo donde penetra l'aria.

Ore 1,24′. Pressione = 418 mm. fa 44 respirazioni al minuto, l'animale è tranquillo.

Ore 2,17′. Pressione 390 mm. La scimmia sta attenta, il suo aspetto è normale.

Ore 18′. Pressione 330 mm. Sbadiglia non è più tanto allegra. Respiro superficiale 48 im 1′. Allunga le labbra come se avesse nausea e poi succede uno sforzo di vomito.

Ore 19′. Pressione 318 mm. Si appoggia alle pareti della campana, è sonnolento.

Ore 21′. Pressione 278 mm. Gira sonnolento e cambia di posizione sotto la campana. Vomita ripetutamente.

Ore 2,22′. Pressione 268 mm. Sta male. La testa gli cade sul petto. Oscilla; è sonnolento tiene gli occhi chiusi, li apre svogliato quando picchiamo sulla campana chiamandolo. Respiro 52 in 1′. Lo manteniamo a questa pressione fino alle

Ore 2,28′. Vediamo che l'animale ha migliorato ed ora sembra meno abbattuto. Si conferma quanto abbiamo osservato nell'esperienza precedente e nei cani, che lo stato peggiora nel principio e dopo gli animali si rimettono alquanto.

Teniamo l'animale per 20 minuti alla pressione di 268 mm. che corrisponde all'altitudine di 8300 m. Il respiro oscilla fra 52 e 54 al minuto e presenta nulla di anormale. La scimmia gira per la campana e sembra molto abbattuta.

Ore 2,48′. Incomincia il ritorno alla pressione normale; a 378 mm., la scimmia è già più allegra. Respiro 60 al minuto.

Ore 2,55′. Pressione ordinaria; levata la scimmia è vivace molto e non presenta nulla di anormale. Solo esaminando i polmoni si riscontra una diminuzione del murmure vescicolare e dei soffi bronchiali che sono i sintomi dell'iperemia polmonare.

Seconda decompressione.

Facciamo poco dopo una seconda esperienza con decompressione più rapida, senza però chiudere completamente l'accesso dell'aria dall'esterno.

Ore 3,8′. La scimmia ha l'aspetto normale alla pressione di 538 mm.

Ore 3,10′. Si chiude l'accesso dell'aria e succede una rapida depressione barometrica. In due minuti e mezzo arriviamo a 258 mm.

Ore 3,12′30″. Appena giunti alla depressione di 258 mm. si stabilisce la corrente dell'aria e si mantiene ferma la pressione a quest'altezza. Il solo movimento che fece la scimmia fu di toccarsi le orecchie mentre la pressione diminuiva. Rimase collo sguardo fisso come inebetita e diventò sonnolenta. Fa 60 respirazioni al minuto, ma non più profonde delle normali. Il suo stato peggiora rapidamente si appoggia con una spalla alle pareti della campana e tiene la testa alquanto reclinata.

Ore 3,15′. Vomita. Sono stati necessarî circa 3 minuti perchè si produca il vomito che nella esperienza precedente comparve a 330 mm., ed ora a 258 mm.

Ore 3,16′. Vomita.

Ore 3,17′. Continua a vomitare e la scimmia ha un aspetto molto sofferente. Non aspettiamo oltre perchè migliori il suo stato ed avendo veduto come fosse alquanto cre-

sciuta la sua resistenza, scendiamo alla pressione ordinaria. Appena cresce la pressione interna per l'accesso maggiore dell'aria e si arriva a 278 mm. che corrisponde ad 8000 m. di altitudine, la scimmia mangia. A quest'altezza la scimmia nell'esperienza precedente stava male e vomitava alle ore 2,21′.

È dunque dimostrato che nella seconda depressione presenta una resistenza maggiore che nella prima, e ciò malgrado che abbiamo constatato l'iperemia dei polmoni.

Ore 3,20′. Pressione 478 mm. Giuoca e grida e si muove con aspetto normale.

Terza decompressione.

Ritornati alla pressione ordinaria. subito comincia un'altra decompressione.

Ore 3,25′. Si chiude l'accesso dell'aria e in 1 minuto la depressione giunge a 258 mm. cioè un centimetro meno di pressione della volta precedente. La scimmia sta seduta; appena comincia la depressione diviene più attenta come se sentisse succedere qualche cosa dentro di lei; ma non si mosse, nulla accenna ad un'azione eccitante nel cervello o nel midollo spinale. Fece solo un movimento della testa, come una scossa, causato probabilmente dalla rarefazione dell'aria nell'orecchio medio.

Ore 3,26′. Allunga le labbra, resta ferma e malinconica, poi chiude gli occhi ed abbassa la testa.

Ore 3,26′,30. Si appoggia colle spalle alle pareti della campana e sostiene il mento e la testa colle mani come se fosse stanca e sofferente.

Ore 3,29′. Respiro 28 in 30″. Movimenti del torace superficiali. La scimmia è immobile, ma sonnolenta. Chiamandola, percuotendo la campana, alza la testa e guarda.

Ore 3,32′. È sempre immobile e indifferente, ma sembra star meglio; grida e guarda intorno con curiosità.

Ore 3,34′. Sta sempre seduta ed appoggiata come se fosse stanca. Respiro 24 in 30″. Manteniamo sempre la pressione a 258 mm. con una forte ventilazione. La scimmia, sebbene si trovi in una depressione che corrisponde a più di 9000 metri di altitudine, è abbastanza in buone condizioni. Le mettiamo uno specchio davanti, essa guarda attenta e stende le mani per toccare l'imagine. Si stacca dalle pareti e cambia ripetutamente di posizione. Sembra meno abbattuta e stanca.

Ore 3,36′. Il miglioramento è notevole. Si conferma il fatto che dopo 10 minuti di una forte depressione sta meno male che non al principio.

Vediamo che essa sta molto meglio che nella prima e nella seconda depressione. Per conoscere quale sia ora la diminuzione di depressione che bisogna raggiungere perchè si produca la sonnolenza ed il vomito, si diminuisce alquanto l'accesso dell'aria, rimanendo pur sempre abbondante la ventilazione nella campana.

Ore 3,37′. Pressione = 218 mm.

Ore 3,38′. Pressione = 178 mm. Vomita ripetutamente.

Ore 3,42′. Dopo essere rimasta 4 minuti a questa forte depressione, vedendo che l'animale si trova in uno stato di profondo sopore, interrotto solo dal vomito, si fa aumentare la pressione, e la scimmia subito si rialza e sta meglio.

Ritornata alla pressione normale e levata dalla campana, cammina bene, e salta spontaneamente sulla tavola dove io la prendo in braccio per l'esame dei polmoni. All'ascotazione si trova in entrambi i polmoni il soffio bronchiale con mancanza del murmure vescicolare. L'iperemia sembra più intensa che non fosse nell'esame precedente un'ora prima.

Esaminato questo Papio il giorno dopo, troviamo che migliorarono molto le condizioni dei polmoni: il soffio bronchiale era limitato ad alcuni punti ed era ricomparso il murmure vescicolare dove non si era più riscontrato appena tolta la scimmia dalla campana.

Risulta evidente da questa esperienza che nelle tre successive depressioni barometriche la scimmia mostrò una resistenza sempre maggiore all'azione dell'aria rarefatta. Questo fenomeno si connette con quanto osservammo nella prima esperienza, che le scimmie come i cani si abituano rapidamente alla rarefazione dell'aria: ma è difficile comprendere per quale meccanismo succeda questo rapido adattamento. La prima volta il vomito è comparso a 6643 metri; la seconda a 8600; la terza volta per produrre il vomito si dovette fare una rarefazione corrispondente a 10,000 metri.

I fenomeni che studiammo in questa scimmia sono essenzialmente i sintomi dell'anemia cerebrale. Lo spegnersi dell'intelligenza, la grande debolezza muscolare, il vomito ed il sonno, sono i segni caratteristici dell'anemia cerebrale in qualunque modo si produca. La comparsa del sonno e del vomito possono considerarsi come i due segni che attestano il momento nel quale il cervello ha subìto un certo grado di denutrizione.

La seconda volta, quando la depressione barometrica corrispondeva all'altitudine di 8300 metri, la scimmia era meno abbattuta e meno sonnolenta della prima volta: e la terza volta che si produsse la decompressione a 9000 metri si trova in condizioni migliori che non fosse prima. A quest'altitudine si guarda nello specchio e si riconosce.

Tanto in queste quanto nelle precedenti esperienze, questo *Papio* non fece alcun movimento che possa farci credere che abbia avuto un principio di vertigine. Non mosse mai le mani rapidamente per tenersi alle pareti come ho veduto alcune volte in altre scimmie. I suoi movimenti furono sempre coordinati e mai convulsivi. L'intelligenza si offuscava poco per volta, come se un velo sempre più fitto oscurasse la sua coscienza.

Ripetendo molte volte queste esperienze, non solo mi convinsi che queste rapidissime depressioni sono innocue, come lo provai sopra di me; ma che non producono alcun dolore, neppure il mal di capo. Anche quando la scimmia restava senza coscienza per lungo tempo, appena tornava alla pressione normale, riprendeva il suo buon umore e la sua vivacità. E che non serbasse memoria, mi pare dimostrato dal fatto che essa non reagiva quando cercavamo di metterla sotto la campana pneumatica.

Quanto al rapido adattamento alle forti depressioni, è una cosa complessa. In un mio precedente scritto ho trovato [1] che quando si fa respirare ad un cane una miscela di aria e di idrogeno, anche se la diminuzione della razione fu poco notevole e tale da non causare un mutamento grave della profondità e frequenza del respiro, ciò nulla meno si osserva un effetto, perchè quando l'animale torna a respirare ossigeno od aria, per un tempo ab-

[1] A. Mosso, *L'apnea prodotta dall'ossigeno*. Accademia R. delle scienze di Torino, 6 dicembre 1903.

bastanza lungo, rimane depressa la funzione respiratoria come se i centri nervosi potessero dopo funzionare con maggior economia di ossigeno.

Quanto alle modificazioni osservate nello stato dei polmoni, esse devono riferirsi ad una semplice iperemia: ora due sono le cause le quali possono aver dilatato i vasi sanguigni: o vi fu una diminuzione nella forza delle sistoli cardiache e questa produsse un accumulo di sangue nei polmoni, oppure vi fu una diminuzione della tonicità dei vasi sanguigni per una paralisi della loro innervazione. È probabile che tutte due queste cause abbiano agito.

Che i polmoni abbiano un apparato speciale di innervazione vasomotoria più nessuno ne dubita. Tra le ricerche decisive che dimostrano l'esistenza di questa innervazione, ricorderò le esperienze di E. Cavazzani fatte per mezzo della circolazione artificiale (1). Praticando la circolazione artificiale in un lobo dei polmoni nell'animale vivo, trovò che eccitando il simpatico si produce una contrazione vascolare tale, che la velocità del deflusso si riduce di quasi la metà. Non meno dimostrative sono le esperienze che Plumier (2) fece nel Laboratorio di L. Fredericq, per mezzo delle quali fu dimostrato che le oscillazioni di Traube ed Hering esistono anche nella pressione dell'arteria polmonare. Le esperienze successive di François Franck hanno confermato l'azione vasoconstrittiva del simpatico toracico (3).

La prova che in questa scimmia fosse meno attiva la circolazione del sangue si ebbe nella cianosi del pene; e possiamo essere certi che un effetto eguale si è prodotto nella circolazione sanguigna dei polmoni.

Un altro fatto importante risultò da queste esperienze fatte colle depressioni fortissime e rapide, ed è che manca per l'azione dell'aria rarefatta un effetto meccanico sulla circolazione polmonare e sui movimenti del respiro. Già sapevasi come la resistenza che incontra il sangue a circolare nei polmoni sia minima, cosicchè il lavoro del cuore destro nelle condizioni normali è pochissima cosa, e dimostrai per mezzo di un'apposita esperienza, che l'aria penetra e distende i polmoni fino al massimo grado, senza incontrare alcuna resistenza nei minimi bronchi e negli alveoli durante la dilatazione fatta per mezzo dei muscoli della cavità toracica e dal diaframma (4).

La struttura delle vie aeree e dei vasi sanguigni nei polmoni sono degne di meraviglia per il modo col quale fu raggiunto lo scopo di facilitare l'introduzione dell'aria nei polmoni e di evitare che nasca un disturbo

(1) A. Cavazzani, *L'innervation vasomotrice des poumons.* Archives ital. de Biologie, Tome 16, pagg. 32, 49.

(2) Léon Fredericq, *Travaux du Laboratoire de l'Université de Liège*, Tome VI, 1901, pag. 273.

(3) François Franck, *L'action vaso-constrictive pulmonaire du grand sympatique.* Archives de Physiologie, Tome VII, 1895, pag. 816.

(4) A. Mosso, Archives ital. de Biologie, tome XXXV, pag. 99.

nella circolazione generale, quando sorge un ostacolo in una parte della piccola circolazione.

La grande resistenza alle depressioni barometriche e l'incolumità che presentano gli animali e l'uomo per il passaggio rapidissimo ad un'altitudine di 10,000 metri si deve essenzialmente alla struttura dei polmoni ed ai gas del sangue che non si mettono in libertà per queste rapidissime e forti depressioni. Infatti in 55 secondi vedemmo superare impunemente i 55 centimetri di mercurio in meno della pressione ordinaria, senza alcun sintomo di un ostacolo alla respirazione ed alla circolazione polmonare.

Nelle esperienze che feci sul Monte Rosa misurando la capacità vitale, dimostrai che anche le persone più robuste arrivate alla Capanna Regina Margherita introducevano una quantità di aria notevolmente minore; che nelle varie persone da me studiate era in media di circa mezzo litro (1). Questa diminuzione dello spazio occupato prima dall'aria rappresenta la quantità di sangue che trovasi accumulata nei polmoni per la dilatazione dei vasi.

Nel soldato Ramella le alterazioni dei polmoni furono più gravi, e dimostrai come vi sia una malattia speciale dei polmoni che si osserva solamente sulle Alpi (2).

Esporrò più minutamente in altra Nota quali siano le alterazioni dei polmoni che si osservano nell'aria rarefatta, svolgendo più ampiamente questo soggetto che già trattai in uno studio che feci per mezzo dell'ossido di carbonio (3). Gli anatomi patologi ammettono come Birch Hirschfeld (4), che talvolta in seguito agli sforzi muscolari, e ad una attività grande dei polmoni, succeda un'iperemia tale di questi organi, da produrre la morte, il così detto « Lungenschlag ».

(1) A. Mosso, *Fisiologia dell'uomo sulle Alpi*, pag. 203.

(2) A. Mosso, op. cit., pag. 427. Appendice.

(3) A. Mosso, *Comment agissent sur les poumons l'oxyde de carbone et l'air raréfié*. Archives ital. de Biologie, XXXV, pag. 91.

(4) Birch Hirschfeld, *Lehrbuch der pathologischen Anatomie*, 1877, pag. 705.

Fisiologia. — *Esperienze fatte sulle scimmie a Torino e sulla vetta del Monte Rosa.* Nota del Socio A. Mosso [1].

Ho portato due scimmie sulla vetta del Monte Rosa, nella speranza che in questi animali si potesse studiare meglio il male di montagna che non nei cani e sull'uomo. Siccome le scimmie che trovansi nel commercio sono spesso affette da tubercolosi, per averle sane le ordinai ad un commerciante in modo che mi furono spedite direttamente dal luogo di origine. Erano due macachi (*Macacus sinicus*) maschio e femmina che venivano da Giava e stettero una quarantina di giorni in viaggio. Arrivarono nello scorso giugno a Genova e vennero subito spedite a Torino.

La scimmia maschio pesava 1640 grammi, la femmina 1500 grammi. Erano entrambe molto vivaci e intelligenti. Esaminati i polmoni si trovarono normali. Sapendo quanto questi animali siano sensibili al freddo, per trasportarli, feci costruire una cassa nella quale anche sui ghiacciai e nella capanna Regina Margherita potessi mantenere a circa 20° la temperatura dell'ambiente in cui stavano le scimmie.

Questa cassa di legno era alta 55 cm. ed aveva 34 cm. per lato. Si chiudeva per mezzo di un coperchio a cerniera alto 8 cm., che portava nel bordo quattro finestrini con sportelli mobili scorrevoli internamente e permettevano di regolare la ventilazione nella cassa. Il fondo era doppio ed aprivasi con uno sportello nel quale passava un recipiente di zinco alto 10 cm. e un poco più stretto del fondo della cassa il quale conteneva circa otto litri di acqua. Questo recipiente era chiuso come gli ordinarî scaldapiedi ad acqua calda.

Al di sopra vi era un piatto di zinco fisso sopra un piano di legno con un bordo di 2 cm. che serviva per raccogliere l'orina e le feci, e poteva levarsi dal medesimo sportello pel quale passava il recipiente dell'acqua calda. La parte soprastante era formata da un'altra cassetta di legno con dei fori larghi: questa, per levarla, si sollevava dalla parte del coperchio e così potevasi lavare facilmente la cassa e tenerla pulita. Per attraversare i ghiacciai e mantenere alta la temperatura della cassa, ci servivamo di una lampada ad alcool colla quale si scaldava il serbatoio dell'acqua dopo averlo levato dal fondo della cassa. Questo serbatoio di acqua calda manteneva una temperatura sufficientemente elevata per circa cinque ore.

Arrivati ad Alagna facemmo fare un abito di lana alle due scimmie in modo che le braccia, il torace e l'addome fossero meglio protette. Le nutrimmo con carote, frutta, pane e biscotti. Quando c'era il sole le mettavamo

[1] Presentata nella seduta del 21 febbraio 1904.

in libertà: nelle capanne stavano vicino al fuoco della stufa, e di notte dormivano nella loro cassa alla quale si erano affezionate e vi stavano con preferenza anche quando si staccavano dalla catena. La salute delle scimmie fu sempre buona e non ebbero mai tosse. Al col d'Olen nell'altitudine di circa 3000 metri il maschio mostrava ancora delle velleità amorose.

Giunte alla capanna Regina Margherita ebbero subito nei primi giorni la tosse. Esaminati i polmoni trovammo in tutte due che era meno chiaro il

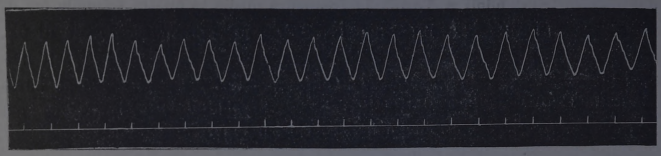

Fig. 1. — Respirazione toracica della scimmia maschio scritta a Torino nel principio di luglio. La linea sottostante segna il tempo in secondi.

murmure vescicolare e sentivansi dei soffi bronchiali. Del resto nulla di anormale: le labbra e la lingua erano un poco più pallide, ma non vi era traccia di cianosi.

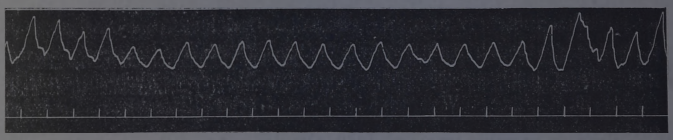

Fig. 2. — Respirazione toracica della medesima scimmia scritta sulla vetta del Monte Rosa il 20 agosto 1903.

Nel principio di luglio avevo scritto a Torino il respiro del torace applicando un pneumografo per mezzo di una fascia all'altezza delle mammelle e ottenni nel maschio il tracciato della fig. 1. Il respiro, come si vede nella linea del tempo scritta sotto in secondi, è circa 68 al minuto.

Il giorno 20 agosto, dopo otto giorni che le scimmie si trovavano nella Capanna Regina Margherita torno a scrivere il respiro toracico col medesimo timpano a leva e collo stesso pneumografo.

Anche in questa scimmia, come già osservammo nell'uomo e nei cani, è diminuita la frequenza del respiro da 64 a 68 che era in media a Torino, è scesa a 54 e 56 al minuto. La profondità dei moti respiratori è meno grande.

Paragonando il tracciato 2 al 1, apparisce evidente che le respirazioni sono più superficiali ed irregolari che non a Torino.

L'esame dei polmoni diede un risultato identico a quello dei giorni precedenti: vi era una leggera congestione con catarro e tosse.

Contando il respiro nella femmina, notammo una differenz amaggiore di quella che osservasi dal paragone dei tracciati. L'applicazione del pneumografo produceva una eccitazione dell'animale che accelerava il ritmo respiratorio. Lasciando l'animale tranquillo senza toccarlo e guardando solo i movimenti del respiro, contandoli a Torino la frequenza media in questa scimmia era di 70 al minuto: nella Capanna Regina Margherita, la media era solo di 62.

Si verifica dunque anche per le scimmie quanto abbiamo osservato nell'uomo e nei cani, che la frequenza del respiro, sebbene la pressione barometrica sia tanto diminuita, non presenta un aumento nella frequenza ma piuttosto una diminuzione.

Analisi dei gas del sangue.

L'analisi dei gas del sangue di queste due scimmie venne fatta dal dott. G. Marro.

Capanna Regina Margherita 22 agosto 1903.

Scimmia femmina ore 14; pressione barometrica 438 mm. T = 14°
Sangue preso dalla carotide destra.

$O_2 = 18\ \%$ $CO_2 = 30{,}14\ \%$

Scimmia maschio, peso gr. 1640. Ore 17, t = 12°.

Già operata alla femorale sei giorni fa; tentiamo di prendere il campione dalla femorale sinistra ma non ci riesce, causa la poca pressione del sangue; lo prendiamo dalla carotide destra; il sangue è di color oscuro:

$O_2 = 17{,}64\ \%$.

La determinazione dell'anidride carbonica va perduta come in tutte due le analisi precedenti del sangue preso dalla femorale sinistra, in causa ad una burrasca che imperversò nei primi giorni del nostro soggiorno nella Capanna Regina Margherita, la quale non lasciava funzionare bene la stufa invertendone spesso il tiraggio.

La tosse che era stata forte nei primi giorni che arrivammo alla Capanna Regina Margherita era già diminuita quando partimmo, e giunte ad Alagna queste scimmie avevano il loro aspetto normale. Ritornate a Torino il

31 agosto non stavano più così bene, mangiavano con minor appettito ed erano diventate intrattabili e molto eccittabili.

Torino 2 settembre, ore 17 t = 23°. Pressione barometrica 735 mm.

Scimmia femmina; carotide sinistra, sangue un po' scuro; l'animale è agitatissimo.

$O_2 = 18{,}82\ \%$ $CO_2 = 35{,}9\ \%$

ore 18,30 t = 23°.

Scimmia maschio; si agita molto; carotide sinistra, sangue scuro.

$O_2 = 14{,}74\ \%$ $CO_2 = 37{,}92\ \%$

Il dott. Carlo Foà osservando il sangue della scimmia maschio una prima volta appena arrivati alla Capanna Regina Margherita, ed un'altra volta dopo otto giorni di permanenza alla capanna, trovò nel sangue arterioso un aumento di globuli rossi e di emoglobina non riferibile a disturbi vasomotori, ma ad aumentata ematopoesi (1).

Il prof. Galeotti (2) che determinava l'alcalinità del sangue, trovò una diminuzione nell'alcalinità del sangue nella scimmia femmina di 43,49 %. L'analisi dell'alcalinità del sangue fu fatta per la scimmia maschio nella Capanna Regina Margherita, ma non potè ripetersi a Torino perchè dopo quindici giorni la scimmia moriva.

La diminuzione tanto notevole di ossigeno osservata nell'analisi del sangue a Torino, dimostra per sè stessa che la scimmia era malata.

Le osservazioni fatte su queste scimmie non differiscono per le alterazioni chimiche e morfologiche del sangue da quelle che vennero fatte contemporaneamente sul cane, sul coniglio e sull'uomo. Si notò pure che sulla vetta del Monte Rosa, malgrado tutte le precauzioni prese perchè queste scimmie non soffrissero il freddo, esse ebbero un'alterazione dei polmoni la quale dopo rapidamente migliorava. Non ci è stato possibile studiare la temperatura rettale di queste scimmie, perchè reagivano con grande energia all'introduzione del termometro. Gli esami ripetuti che si dovettero fare del sangue arterioso furono probabilmente la causa che ne affrettarono la fine.

Se si dovranno ripetere simili esperienze, bisognerà portare un numero maggiore di scimmie per modo che non vengano salassati gli animali che sono destinati alle osservazioni fatte sugli organi respiratorî.

(1) C. Foà, *I mutamenti del sangue sull'alta montagna*. Rendiconti Accad. dei Lincei, fasc. 9°, 2° sem. 1903.

(2) G. Galeotti, *Le variazioni dell'alcalinità del sangue sulla vetta del Monte Rosa* Rendiconti R. Acc. dei Lincei, fasc. 12°, 2° sem. 1903.